

PAT-NO: JP362267483A

DOCUMENT-IDENTIFIER: **JP 62267483 A**

TITLE: DRY ETCHING DEVICE

PUBN-DATE: November 20, 1987

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ITO, FUMIKAZU

KAMIMURA, TAKASHI

OTSUBO, TORU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP61108416

APPL-DATE: May 14, 1986

INT-CL (IPC): C23F004/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To enhance the selection ratio of etching and to prevent the damage of a substrate by impressing a high-frequency voltage wherein the higher voltage of the periodically changing voltages is low enough in comparison to the amplitude on an **electrode** to be loaded with the substrate to be etched.

CONSTITUTION: A processing gas is introduced in a **plasma** treating chamber, and the electric power impressed on the upper **electrode** 3 by a high-frequency power source 1 through a matching box 2 is conducted to a **grounding through a substrate electrode** 6 and a capacitor 12 to generate **plasma** between both **electrodes**. The ion formed in the **plasma** is injected on the substrate 5 which is put on the substrate **electrode** 6 through an insulator sheet 4 to carry out etching. A synthetic voltage obtained by combining the voltage generated by passing a current  $I_{SB} < 1 / SB >$  from a waveform generator 7 through a dummy load

9 with a voltage from a variable DC bias power source 10 is impressed on the substrate **electrode** 6 in the dry etching device. The higher voltage of the

synthetic high-frequency voltage  $V_A$  is made sufficiently close to zero V in comparison to the amplitude. Consequently, the distribution of the energy injected on the substrate 5 is reduced, and the high-energy ion is eliminated.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-267483

⑮ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)11月20日

C 23 F 4/00

A-6793-4K

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 ドライエッチング装置

⑯ 特 願 昭61-108416

⑰ 出 願 昭61(1986)5月14日

⑱ 発 明 者 伊 藤 文 和 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 発 明 者 上 村 隆 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑳ 発 明 者 大 坪 徹 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

ドライエッチング装置

2. 特許請求の範囲

1. プラズマ処理室内に処理用ガスを導入し、プラズマ発生装置によりプラズマを発生させ、所望のエッチング加工を行うドライエッチング装置において、被エッチング基板をのせる電極に、周期的に変化する電圧であってその高い方の電圧が振幅に比べて十分0Vに近い高周波を印加する高周波電圧印加手段を設けたことを特徴とするドライエッチング装置。

2. 特許請求の範囲第1項記載のドライエッチング装置において、高周波電圧印加手段が基板に負電圧を印加した時に流入するイオンにより、基板電圧の絶対値が0に達する時間よりも短い時間を、前記印加電圧の周期とする高周波電圧印加手段であることを特徴とするドライエッチング装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、ドライエッチング装置に係り、更に詳述すれば半導体装置の製造に好適なドライエッチング装置に関するものである。

〔従来の技術〕

従来の平行平板電極方式ドライエッチング装置は、第9図に示すように処理室21の中にアノード電極22とカソード電極23とが対向して設けてある。カソード電極には高周波電源24が接続されており、また被エッチング基板5がのせられている。処理室21を排気しながらエッチングガスを導入し、前記高周波電源24より高周波電圧をカソード電極23に印加してアノード電極22との間にプラズマ25を発生させる。このプラズマ中のイオンがプラズマ25とカソード電極23間のシース26の電界で加速されて方向性をもって基板5に入射し、微細なパターンのエッチングを行うことができる。

このイオンの入射エネルギーは、エッチング特性に極めて重要な意味を持つ。すなわち第1図において、イオンエネルギーが高すぎるとエッチング速

度は高くなるが、下地膜もエッチングされ選択比が悪くなる。特にゲート電極エッチングでは下地のゲート酸化膜が20nmから10nmへと極めて薄くなりつつあるため、選択比を高くするニーズが高まっている。

第2にはイオンエネルギーが高すぎると、基板に与えるダメージが大きくなる。これらは、酸化膜不良、リフレッシュ不良等の原因となる。

第9図に示した従来例では、高周波(13.56MHz)をかけると、基板電極面には第10図に示すような正弦波電圧が生じる。通常基板に入射するイオンエネルギーの平均は $V_{dc}$ と言われるが、実際には電極面電圧は $V_p$ に達することもあり、かなり高いエネルギーのイオンも存在し、エネルギー分布は広範囲となっている。

これを望ましい範囲に制御するために、特開昭56-33839号公報および特開昭57-131374号公報に記載されているようにプラズマを発生するための電力と、イオン加速電圧を生むための電力を別個にかける方法が提案されている。

この電圧 $V_a$ がプラズマ内からシースをへて基板に流入するイオンの加速電圧となる。

$V_p$ は通常のプラズマ処理装置では20～30Vである。ここで $t=0$ にて電圧 $V_a$ が0から $V_p$ となった時、電圧 $V_s$ は $-V_0$ から $V_p$ だけ上昇し $V_p - V_0$ になるが、ただちにプラズマから電子が流入しこの電圧を打消してしまう。したがって半周期 $\tau/2$ の中に電圧 $V_s$ は $-V_0$ に戻ってしまう。

次に印加電圧 $V_a$ が $V_p$ (正)から $V_p$ (負)に変化する。この時の電圧変化分は $|V_p| + |V_p| \approx 2V_p$ であり、この変化がおきた瞬間には、電圧 $V_s$ も負の方向に約 $2V_p$ だけ変動する。このため電圧 $V_s$ は一時的に印加電圧 $V_p$ に比べ大きな絶対値の負電圧 $V(\tau/2)$ となる。

この後プラズマから基板に流入するイオンにより電圧 $V_s$ は $V_0$ に向かって回復していく。しかしイオンの入射流速は電子のそれに比べ小さいので半周期 $\tau/2$ 内に電圧 $V_s$ が完全に $V_0$ には回復せず、 $V(\tau)$ にとどまる。

次に、電圧 $V_a$ が $V_p$ から $V_p$ へ約 $2V_p$ だけ変化する

更に、イオン加速のための印加電圧の波形に改良を施すことについては特開昭60-126832号公報および前出の特開昭56-33839号公報に記載されている方法がある。

(発明が解決しようとする問題)

上記従来技術には次の様な問題があり、イオンエネルギー分布を狭めるのに十分な効果が得られなかった。後述する本発明の説明に用いる第2図に示すように通常基板表面と基板電極の間には容量が存在する。このことを単純に正側振幅 $V_p$ と負側振幅 $V_{-p}$ の絶対値が等しい矩形波を基板電極6に印加したとして考えれば、本図においてプラズマ2は図示せぬ電力供給装置により維持されているものとし、電力供給源7からの電流は大部分が抵抗9Rに流れ、その端子に現われる電圧 $V_a$ は第11図に示すようになる。プラズマを基準としてみた基板電極電圧 $V_s$ は第12図に示すようになる。

プラズマはアース電位に対しプラズマポテンシャルとして知られる電位 $V_0$ (E)をもつので、電圧 $V_a$ が0の場合でも、電圧 $V_s$ は $-V_0$ となる。

ると、電圧 $V_s$ は $V(\tau)$ から正方向へ約 $2V_p$ だけ変化する。そして前と同様に電子の流入が生じ、電圧 $V_s$ は $V_0$ に回復する。

以上よりイオン加速電圧となる電圧 $V_s$ を見ると、印加電圧 $V_p$ に比べ、絶対値が約2倍も大きい $V(\tau/2)$ と $V(\tau)$ の間にある。すなわちイオンエネルギーの分布は印加電圧に比べかなり広く、特にエネルギーが高すぎるイオンが存在することは避けられない。

簡単のために矩形波で説明したが、正弦波の場合も同様の原理でイオン加速電圧が発生し、イオンエネルギー分布は広範囲なものになってしまう。

本発明の目的は、基板入射イオンエネルギーの分布幅を小さくすることにある。

(問題点を解決するための手段)

上記本発明の目的は、(1)印加電圧の最大値 $V_p$ を0近くにすること、及び(2)印加電圧の周波数をイオン流入による基板のチャージアップ速度に比べ十分高くとることで達成できる。

(作用)

先ず、基板電極電圧 $V_B$ の負側のピーク値の絶対値が大きくなる原因が、その半周期前に電子流入により $-V_0$ に戻っている基板電極に対し、印加電圧 $V_A$ が $V_p$ から $V_{-p}$ に大きく変化するためであり、この変化量を小さくするためには前述した第10図に示すように $V_p$ の値を0もしくは $V_{-p}$ に対し十分0に近くすればよい。なぜなら、印加電圧 $V_A$ が0Vであっても、時間 $\tau$ で電圧 $V_A$ が $V_{-p}$ から0へ上昇することにより、第3図に示すように電圧 $V_B$ は正側に転ずる。これにより基板電極上のイオンの正電荷を打消すまで電子が流入する。すなわち印加電圧 $V_A$ を0にするだけで電子電流を流すことができる。だから次に、印加電圧 $V_A$ を0から $V_{-p}$ とし、その変化分を $1/2 V_{-p}$ だけとすれば、電圧 $V_B$ の絶対値の最大値が約 $1/2 V_{-p}$ に抑得るか否かを検討する。

第3図の電圧波形は、振幅を $2 \times |V_{-p}|$ から半分の $|V_{-p}|$ にし、かつ $\frac{1}{2} V_{-p}$ の直流バイアスをかけた波形である。このためプラズマの電位が $\frac{1}{2} V_{-p}$ だけ変化し、実質的には単に電圧Aの振幅を $1/2$

にしたことと等しい効果、すなわちイオン加速電圧が $1/2$ になるという効果しか得られない場合も考えられる。

プラズマの電位が基板電極にかけた直流バイアス分だけ変化するということはプラズマが接している壁面が基板電極のみである場合である。多くの場合は第2図に示すようにアース電位をもつ広い面積の電極と接しており、または第6図に示すようにアース電位をもつチャンバと接している。または特開昭60-158629に示されているように、基板電極の外側に大面積のアース電極を設ける場合もある。

このためプラズマ電位は、アース電位面に流れこむ電子電流( $I_{e1}$ とする)とイオン電流( $I_{i1}$ とする)及び基板電極(直流バイアスがかけられている)に流れこむ電子電流( $I_{e2}$ )とイオン電流( $I_{i2}$ )の和( $-I_{e1} + I_{i1} - I_{e2} + I_{i2}$ )が0となる電位になる。これはアース電位面と基板電極面の面積比により決まる。アース電位面が広ければプラズマ電位はアース電位に対するプラズマポテンシャル

から大きくは変わらない。

したがって直流バイアス $\frac{1}{2} V_{-p}$ を基板電極に印加し、振幅を $2 \times |V_{-p}|$ から $|V_{-p}|$ に半減しても、イオン加速電圧はほとんど変わらない。

次に第10図にて電圧 $V_A$ が $V(\tau/2)$ よりイオンの流入により上昇する傾きは、プラズマ密度と第2図のコンデンサCの容量による。

例えば、第2図に示すようにプラズマ密度 $n_i$ 、イオン温度 $T_i$ 、コンデンサ容量Cを考える。このコンデンサは電極板と基板との間に厚さ0.5mmの絶縁膜(比誘電率 $K=3$ )をはさんだものとする。イオン流入電流密度 $I_i$ は次式で与えられる。

$$I_i = 0.6 q n_i \left( \frac{K T_i}{m_i} \right)^{1/2}$$

ここでシース近傍でのイオン密度 $n_i = 10^{16} \text{ m}^{-3} (10^{10} \text{ cm}^{-3})$ ,  $T_i = 4.64 \times 10^4 \text{ K} (4 \text{ eV})$ ,  $m_i = (1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}) \times 88 = 1.47 \times 10^{-25} \text{ kg}$ , 単位電荷量 $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ , ボルツマン定数 $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ を入れ

$$I_i = 2.0 \text{ A m}^{-2}$$

一方コンデンサ容量Cは

$$C = \frac{K \epsilon_0 A}{d}$$

である。 $K=3$ 、真空の誘電率 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ , 単位面積 $A = 1 \text{ m}^2$ , 絶縁膜厚さ $d = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ より、

$$C = 53000 \text{ pF} (1 \text{ m}^2 \text{ 当り})$$

イオン電流 $I_i$ が時間 $\tau/2$ 内で一定とするならば基板電位 $V_B$ の変化は

$$V = \frac{I_i t}{C}$$

となる。前述した第12図にて $V(\tau/2)$ から $V_0$ までが200Vの場合、この電圧上昇に要する時間は

$$t = \frac{CV}{I_i} = 5.3 \times 10^{-6} \text{ s}$$

したがって、第12図において時間 $\tau/2$ から $\tau$ 迄が $5.3 \times 10^{-6} \text{ s}$ あると電圧 $V_B$ が $V_0$ に戻ることを要する。 $V_B$ がイオンの流入により変化する速度を周波数で表わすと、100kHzのオーダーとなる。

この周波数は絶縁物の厚さ(すなわちコンデンサ容量Cの逆数)に比例し、またイオン数密度(すなわち流入イオン電流)に比例する。

したがってシース近傍でのプラズマ密度が前記の値より10倍～100倍高い場合は $V_B$ がイオン流入に

より変化する速度は  $1\text{ MHz} \sim 10\text{ MHz}$  となる。

このことから、印加電圧の周波数、特に負電圧を印加する時間を、イオン流入により電圧 $V_A$ が変化する時間より十分小さくする（すなわち周波数を大きくすること、第12図の $V(\tau/2)$ と $V(\tau)$ の差を小さくすることができる。

〔実施例〕

以下本発明の一実施例を第1図により説明する。プラズマは  $13.56\text{ MHz}$  の電源1によりマッチングボックス2を経て上部電極3に加えられる電力により発生される。この高周波電流はコンデンサ12を通過してアースに流れる。

一方基板5を置く下部電極6には、波形発生器7により発生させた電圧をアンプ8により増幅したものを使用する。アンプ8の出力電流 $I_1$ の大部分をダミーロード9（抵抗 $R$ ）に消費させ、電圧 $V_A' = I_1 R$ を下部電極に印加する。更に電池10（電圧 $V_A''$ ）によりコイル11を介して直流バイアス電圧 $V_A''$ を下部電極に印加する。電圧 $V_A'$ と電圧 $V_A''$ を合成した結果、印加電圧 $V_A$ が第3図に示した $V_A$

$\approx 0\text{ V}$ となるように電池の電圧 $V_A''$ を調整する。

高周波に対し高いインピーダンスを持つコイル11のために、 $13.56\text{ MHz}$ の電流は電池に流入しないので、電池を破損する危険性はない。

基板5と基板電極6の間には、絶縁物シート4（比誘電率 $K \approx 3$ 、厚さ $0.5\text{ mm}$ ）を入れコンデンサを作る。

プラズマ発生用電力を  $0.5\text{ W/cm}^2$  投入してプラズマを発生させたところ、流入イオン電流による基板電圧のチャージアップ速度は  $10\text{ kHz}$  のオーダーであったので、この場合は  $100\text{ kHz}$  オーダーの電圧を基板電極に印加すれば、基板電圧の変動を小さくすることができる。

また本発明の変形例を第6図に示す。これは第1図に示す構成を基本としてプラズマ発生手段としてマイクロ波100を用いており、コイル101による磁場を利用したECR（エレクトロンサイクロトロンレゾナンス；Electron Cyclotron Resonance）条件を整え無電極放電を行う。基板電極6には平行平板方式のように  $13.56\text{ MHz}$  の電流が流

入しないので、コイルを介さずにDCバイアスをかけ、前述した第3図のような電圧を印加する。

マイクロ波ECRプラズマは通常プラズマ密度が高い（ $10^{17}\text{ m}^{-3}$ 程度）であるので、イオン電流による基板のチャージアップ速度も速く（ $1\text{ MHz}$ のオーダー）なり、基板印加電圧の周波数は  $1\text{ MHz}$  程度となる。平行平板方式の場合は、この周波数がプラズマ発生用周波数  $13.56\text{ MHz}$  に近くなると第1図に示すようにコンデンサ4で高い周波数成分をアースに流すという回路構成がとりにくくなる。しかしマイクロ波放電の場合はこのような問題はないので、第6図に示した構成により対応ができる。

また本発明に鋸歯状の波形の電圧を用いれば、第7図に示す電圧 $V_A$ を得ることができ、この結果第8図に示すようにイオン加速電圧 $V_A$ は更に一定化するので、効果を高めることができる。

〔発明の効果〕

本発明によれば基板表面電位の絶対値が印加電圧より大きくなることなく、基板入射イオンエ

ネルギ分布が小さくなる。これにより、エッチングの選択比が上がり、特にゲート電極のエッチングのように下地 $\text{SiO}_2$ 膜が  $10 \sim 20\text{ nm}$  と薄い場合に特に有効である。

また、高いエネルギーをもつイオンを無くすることができるので、 $\text{Si}$ 基板に与えるイオン衝撃によるダメージを無くすることができる。

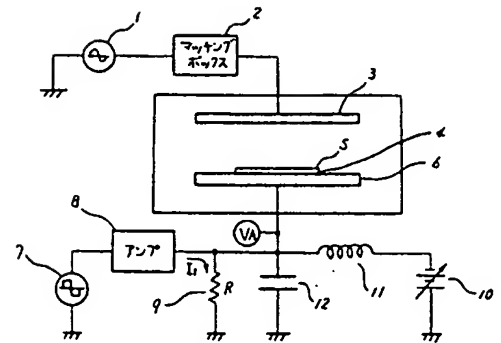
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第8図はいずれも本発明の一実施例を示すもので、第1図はドライエッチング装置の構成図、第2図はプラズマ発生原理の説明図、第3図は電極印加電圧図、第4図は効果説明に供する基板表面電位図、第5図は同じく効果説明に供する基板表面電位図、第6図はドライエッチング装置の他の変形例を示す構成図、第7図と第8図はそれぞれ他の変形例における電極印加電圧図と基板表面電位図、第9図乃至第12図は従来技術に関するもので、第9図はプラズマエッチング装置の構成図、第10図は基板表面電位図、第11図は電極印加電圧 $V_A$ の時間変化図、第12図は基板表面電

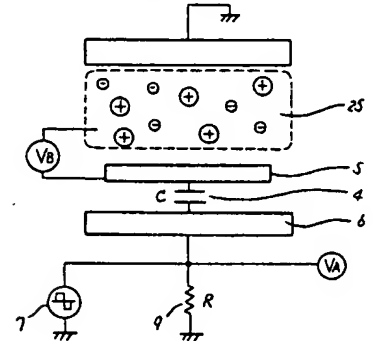
位 $V_B$ の時間変化図である。

- 1…プラズマ発生用高周波電源,  
 5…基板, 6…基板電極,  
 7…信号発生器, 8…アンプ,  
 9…ダミーロード, 10…直流バイアス電源。

第1図

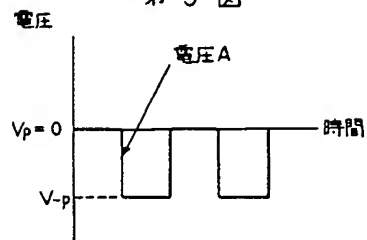


第2図

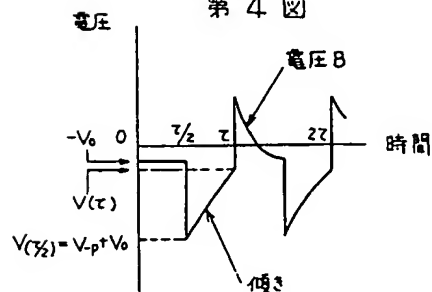


代理人 弁理士 小川 勝 男

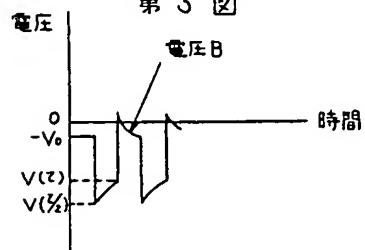
第3図



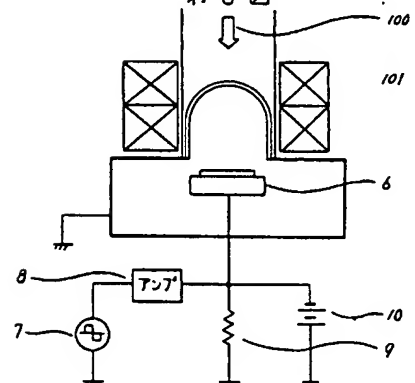
第4図



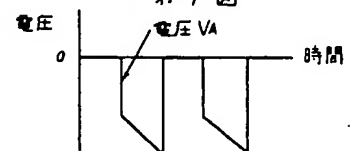
第5図



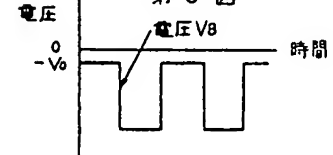
第6図



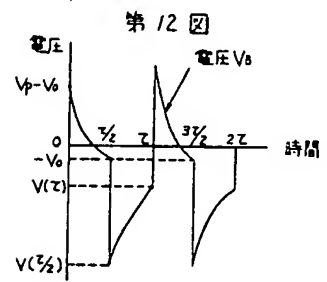
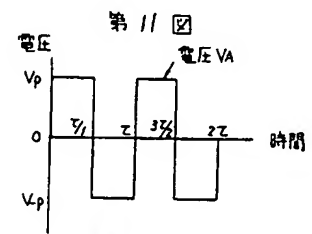
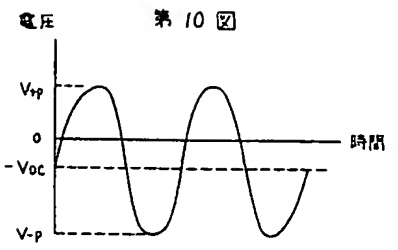
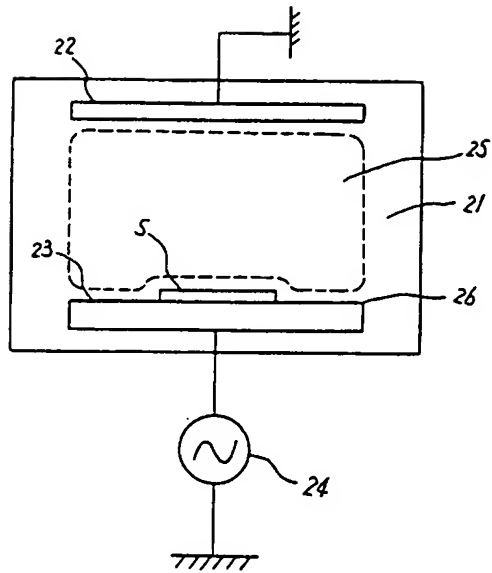
第7図



第8図



第 9 図





DERWENT-ACC-NO: **1989-296640**

DERWENT-WEEK: 199708

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Discharge washer - has variable resistor between power source and each electrode

PATENT-ASSIGNEE: HITACHI LTD[HITA]

PRIORITY-DATA: 1988JP-0044384 (February 29, 1988)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 01218626 A	August 31, 1989	N/A	004	N/A
JP 2574852 B2	January 22, 1997	N/A	004	B01J 019/08

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 01218626A	N/A	1988JP-0044384	February 29, 1988
JP 2574852B2	N/A	1988JP-0044384	February 29, 1988
JP 2574852B2	Previous Publ.	JP 1218626	N/A

INT-CL (IPC): B01J003/00, B01J019/08 , C23F004/00 , H01L021/3065

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 01218626A

BASIC-ABSTRACT:

Discharge washer comprises vacuum vessel, vacuum evacuator, plasma gas introducing unit, discharge electrodes placed in vacuum vessel, single power source which applies voltage upon discharge electrodes in parallel, and variable resistors each provided in circuit between power source and each of electrodes.

ADVANTAGE - Different treatments can be effected by moving object to be treated.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/2

TITLE-TERMS: DISCHARGE WASHER VARIABLE RESISTOR POWER SOURCE ELECTRODE

DERWENT-CLASS: J04

CPI-CODES: J01-C02;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1989-131259